

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-16727

(43) 公開日 平成11年(1999) 1月22日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

H 0 1 F 10/14

C 2 2 C 38/00

識別記号

3 0 3

F I

H 0 1 F 10/14

C 2 2 C 38/00

3 0 3 S

審査請求 未請求 請求項の数 3 F D (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平9-185921

(22) 出願日 平成9年(1997) 6月25日

(71) 出願人 000002118

住友金属工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号

(72) 発明者 沢崎 立雄

大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号

住友金属工業株式会社内

(72) 発明者 藤森 啓安

宮城県仙台市青葉区吉成2-20-3

(72) 発明者 三谷 誠司

宮城県仙台市太白区八木山緑町7-41-305

(74) 代理人 弁理士 押田 良久

(54) 【発明の名称】 高電気抵抗磁性薄膜

(57) 【要約】

【課題】 従来のコア材料と同等の飽和磁束密度を有し、かつ高い電気抵抗を合わせ持つ磁性薄膜の提供。

【解決手段】 強磁性を有する鉄と磁性を有するニッケルフェライトからなり、強磁性相中に磁性相または磁性相中に強磁性相の分散あるいは強磁性相と磁性相が多層に積層された構成からなる磁性薄膜をスパッタ法にて作製し、磁性薄膜中のニッケルフェライトの体積比を調整することで、従来のコア材料と同等の飽和磁束密度を有し、かつ高い電気抵抗を合わせ持つ磁性薄膜を容易に提供できる。

1

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 鉄相中にニッケルフェライト相が分散しており、ニッケルフェライトの体積比が 10%～80% である高電気抵抗磁性薄膜。

【請求項 2】 ニッケルフェライト相中に鉄相が分散しており、ニッケルフェライトの体積比が 10%～80% である高電気抵抗磁性薄膜。

【請求項 3】 鉄相とニッケルフェライト相が多層に積層されており、ニッケルフェライトの体積比が 9～80% である高電気抵抗磁性薄膜。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 この発明は、高周波磁気素子に好適な高電気抵抗磁性薄膜に係り、強磁性材料である鉄相中に磁性を有するニッケルフェライト相を分散、またはニッケルフェライト相中に鉄相を分散させるか、あるいは両相を多層に積層して薄膜化し、高電気抵抗でかつ高飽和磁束密度を有する磁性薄膜に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 これまでに Fe-Ni 系合金薄膜や Co 基アモルファス合金薄膜などが、数十 MHz で駆動する薄膜インダクタ、薄膜トランス、薄膜磁気ヘッドなどの磁気素子の磁気コアに用いられているが、さらに飽和磁束密度の高い磁気コアを得るために高飽和磁束密度を有する Fe 基合金をベースとした改良が行われている。

【0003】 例えば、特開平 3-112104 号においては、Fe 基合金を微細結晶化することにより、あるいは特開平 3-120339 号においては、Fe 基合金を窒素雰囲気中でスパッタすることにより、合金薄膜を得る発明が開示されているが、いずれの材料も高周波域における渦電流損失を低減するのに十分な電気抵抗を有していない問題がある。

【0004】 今後、実用化が期待されている 100 MHz を越える高周波で駆動する磁気素子においては、渦電流損失を低減するために高い電気抵抗を持つ磁性薄膜を磁気コア材として用いる必要がある。

【0005】 100 MHz を越える高周波における渦電流損失の観点から改良を加えた材料として強磁性層に窒化物、酸化物、フッ化物を分散させた薄膜材料が提案されている。例えば、日本応用磁気学会 (vol. 18, No. 2, 1994) の 303～308 頁には Co 基合金に窒化物を分散させた Co-Al-N 系薄膜が報告されている。

【0006】 また、特開平 7-86036 号には酸化物あるいはフッ化物と bcc-Fe が複分散膜をなすことにより、電気抵抗、飽和磁束密度が共に高い薄膜が得られることが開示されている。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、上記の 2 つの技術では、電気抵抗の高い窒化物、酸化物、フッ化物を

2

使用し、強磁性相中に分散させるために薄膜中の電気抵抗は高くなるものの、当該磁性材料の飽和磁束密度を著しく減少させてしまう欠点を有する。

【0008】 この発明は、従来の技術では磁性材料における高電気抵抗と高飽和磁束密度の両立が困難であることを鑑み、従来のコア材料と同等の飽和磁束密度を有し、かつ高い電気抵抗を合わせ持つ高電気抵抗磁性薄膜の提供を目的としている。

## 【0009】

【課題を解決するための手段】 発明者らは、電気抵抗を高くするために電気抵抗の高い酸化物、窒化物、炭化物等の絶縁物と強磁性金属からなる磁性材料において、飽和磁束密度が低くなる問題の解消について種々検討した結果、上記の絶縁物は非磁性であるため磁性材料の飽和磁束密度を著しく減少させるが、上記の非磁性絶縁物の代わりにニッケルフェライトを用いると、ニッケルフェライトは磁性を有するために飽和磁束密度の著しい現象が抑制され、さらには高電気抵抗を有するため、高飽和磁束密度および高電気抵抗を合わせ持つ磁性薄膜が得られることを知見し、特に、ニッケルフェライトは鉄中に分散しやすく、比較的容易に上記薄膜が作成可能であることを知見し、この発明を完成した。

【0010】 すなわち、この発明は、鉄とニッケルフェライトからなり、強磁性相中に磁性相が分散、または磁性相中に強磁性相が分散しているか、あるいは強磁性相と磁性相が多層に積層された構成からなり、磁性相であるニッケルフェライトの体積比が、分散型であると 10～80%、多層型であると 9～80% であることを特徴とする高電気抵抗磁性薄膜である。

## 【0011】

【発明の実施の形態】 この発明による磁性薄膜は、鉄とニッケルフェライトからなることを特徴とする。ニッケルフェライトは磁性を有し、電気抵抗が高いため磁性薄膜の電気抵抗を高くする効果を有し、非磁性絶縁物に比べて飽和磁束密度の減少の割合が小さいという利点を有する。特に、ニッケルフェライトを用いたこの発明による磁性薄膜では、強磁性相、磁性相が各々存在していることが重要であり、いわゆる分散型膜でも多層膜でもよい。

【0012】 この発明の高電気抵抗磁性薄膜は、公知の RF スパッタ法によりスパッタリングにて成膜するが、例えば、実施例に示すごとく、鉄チップとニッケルフェライト粉末を所要配置した複合ターゲットを用いてスパッタリングし、強磁性相中に磁性相が分散した構成の磁性薄膜を成膜するか、または、鉄チップとニッケルフェライト粉末の 2 種のターゲットを用いて交互にスパッタリングし、強磁性相と磁性相が多層に積層された構成からなる高電気抵抗磁性薄膜を成膜することができる。

【0013】 上述のスパッタ法において、鉄とニッケルフェライトの成膜レートは異なるため、上記の複合ター

ゲットにおけるニッケルフェライト粉末上の鉄チップが占める割合が単純に体積比とはならず、予めニッケルフェライト粉末ターゲットと鉄ターゲットの成膜レートを測定し、そのレート比とニッケルフェライト粉末ターゲット上の鉄チップの面積比とから体積比を見積もることにより、鉄とニッケルフェライト量を任意の体積比率に設定することができる。又、鉄とニッケルフェライトを多層に成膜する場合も、成膜レートあるいは成膜厚みより鉄とニッケルフェライト量を任意の体積比率に設定することができる。

【0014】この発明において、鉄相中にニッケルフェライト相を配すると電気抵抗率は高くなるが、飽和磁束密度は減少する。分散型膜、多層膜とともにニッケルフェライトの体積比が80%を越えると、マグネタイトの飽和磁束密度(6000 gauss)より低くなり好ましくなく、またニッケルフェライトの体積比が分散型膜の場合では10%未満、多層膜の場合では9%未満ではパーマロイの電気抵抗率(25  $\mu\Omega\text{cm}$ )より低くなるため、ニッケルフェライトの体積比は分散型膜で10%~80%、多層膜で9%~80%とする。さらに好ましくは、マグネタイトの飽和磁束密度、パーマロイの電気抵抗率の2倍以上の値を持つ範囲、つまり分散型膜で40%~60%の範囲、多層膜で15~40%である。

【0015】

【実施例】

実施例 1

鉄-ニッケルフェライト薄膜をニッケルフェライト粉末と鉄チップを用いてRFスパッタ装置にて作製した。この際、使用したターゲットは、図1に示すごとく、銅製の皿1にニッケルフェライト粉末2を敷き詰め、その上に10mm角の鉄チップ3を載せて複合ターゲット化したものである。なお、スパッタ条件は、 $1.5 \times 10^{-6}$  Torr以下まで真空引きした後にチャンバー内にスパッタガスとしてArを10mTorr導入し、投入電力400Wでスパッタした。

【0016】予めニッケルフェライト粉末ターゲットと鉄ターゲットの成膜レートを測定し、そのレート比とニッケルフェライト粉末ターゲット上の鉄チップの面積比とから体積比を見積り、鉄とニッケルフェライトの堆積\*

\*比を鉄チップの枚数を変化させることで調整し、表1に示すごとく、ニッケルフェライトの体積%を種々変化させて20mm角のガラス基板上にそれぞれ膜厚約2  $\mu\text{m}$ の磁性膜を成膜した。

【0017】上記の方法で得られた磁性膜のX線回折パターンの一例を図2に示す。図2ではニッケルフェライトと鉄のピークが現れており、実際にニッケルフェライトと鉄からなる磁性膜が得られていることが確認できる。

10 【0018】以上の方法で得られた試料は、20×5mmの短冊状に切断し、飽和磁束密度を振動試料型振動計で見積もると同時に、電気抵抗率を4端子直流法を用い測定した。その測定結果を表1に示す。ニッケルフェライトの体積比が10%以上、80%以下のとき、すなわち、試料No. 3~13がこの発明による磁性薄膜であり、いずれもマグネタイトの飽和磁束密度(6000 gauss)より高く、パーマロイの電気抵抗率(25  $\mu\Omega\text{cm}$ )より高くなり、高い電気抵抗率と飽和磁束密度を有していることが分かる。

20 【0019】実施例 2

鉄-ニッケルフェライト薄膜をニッケルフェライト粉末と鉄の2つのターゲットを用いてRFスパッタ装置にて作製した。ニッケルフェライト粉末ターゲットと純鉄(99.9%)ターゲットを交互にスパッタしてガラス基板上に膜厚約3000Åの鉄とニッケルフェライトの多層膜を作製した。スパッタ条件並びに使用したガラス基板は実施例1と同様であった。

30 【0020】ニッケルフェライトの体積%を種々変化させて20mm角のガラス基板上に成膜した試料は、実施例1と同様方法で各ニッケルフェライト濃度の飽和磁束密度および電気抵抗率を測定し、その結果を表2に示す。ここでの体積比は鉄とニッケルフェライトの総膜厚比から見積もったものである。すなわち、試料No. 21~33がニッケルフェライトの体積比が9%~80%のこの発明による磁性薄膜であり、いずれも高い電気抵抗率と飽和磁束密度を有していることが分かる。

【0021】

【表1】

試料 No.	ニッケルフェライト 体積%	飽和磁束密度 kG	電気抵抗率 $\mu\Omega\cdot\text{cm}$	備考
1	90.8	2510	$1.0\times 10^4$	比較例
2	83.9	4522	$2.2\times 10^3$	比較例
3	80.0	7536	$1.0\times 10^3$	本発明
4	75.9	8918	$2.7\times 10^2$	本発明
5	66.2	9822	$2.1\times 10^2$	本発明
6	65.8	11241	$1.4\times 10^2$	本発明
7	62.3	11932	$9.7\times 10^1$	本発明
8	56.8	12955	$6.5\times 10^1$	本発明
9	40.5	13524	$6.1\times 10^1$	本発明
10	37.7	14193	$4.9\times 10^1$	本発明
11	28.8	15574	$3.9\times 10^1$	本発明
12	19.6	15923	$3.6\times 10^1$	本発明
13	10.3	16311	$3.0\times 10^1$	本発明
14	8.8	16422	$2.3\times 10^1$	比較例
15	0	16956	$2.2\times 10^1$	比較例

【0022】

【表2】

試料 No.	多層膜の構造 鉄(Å)/Niフェライト(Å) $\times n$	ニッケル フェライト 体積%	飽和磁束密 度 kG	電気抵抗率 $\mu\Omega\cdot\text{cm}$	備考
20	[100/500] $\times 5$	83.3	5170	1226	比較例
21	[100/400] $\times 6$	80	6102	725.6	本発明
22	[100/200] $\times 10$	66.7	7578	623.1	本発明
23	[500/500] $\times 3$	50	9797	143.6	本発明
24	[100/100] $\times 15$	50	10550	236.4	本発明
25	[50/50] $\times 30$	50	9420	362.9	本発明
26	[25/25] $\times 60$	50	10488	240.1	本発明
27	[10/10] $\times 150$	50	9420	423.7	本発明
28	[100/50] $\times 20$	33.3	13188	101.9	本発明
29	[50/25] $\times 40$	33.3	13125	117.1	本発明
30	[25/10] $\times 86$	28.6	14444	73.6	本発明
31	[100/25] $\times 24$	20	14758	63.6	本発明
32	[50/10] $\times 50$	16.7	15009	55	本発明
33	[100/10] $\times 27$	9.1	14632	47.8	本発明
34	[100/5] $\times 9$	4.8	16519	24.3	比較例

【0023】

【発明の効果】この発明は、強磁性相中に磁性相または磁性相が分散あるいは強磁性相と磁性相が多層に積層さ

れた構成からなる磁性薄膜を作製し、磁性薄膜中のニッケルフェライトの体積比を考慮に入れることにより、従来の強磁性材料と同等の飽和磁束密度を有し、かつ高い

電気抵抗を合わせ持つ磁性薄膜を容易に提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 この発明に使用した複合ターゲットの構成を示す模式図である。

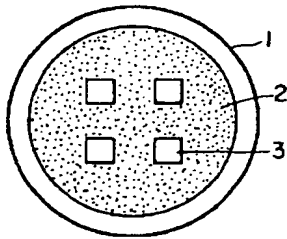
【図 2】 実施例 1 における磁性薄膜の X 線回折パターン\*

\* 例を示すグラフである。

【符号の説明】

- 1 皿
- 2 ニッケルフェライト粉末
- 3 鉄チップ

【図 1】



【図 2】

